

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA SECTOR
UROS CHULLUNI POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DISTRITO**

DE PUNO, 2025

PRESENTADA POR:

YULIAN IRANO RAMOS FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](http://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



7.01%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 JUL 2025, 7:57 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.88%

● CHANGED TEXT
6.12%

Report #27624187

YULIAN IRANO RAMOS FLORES // NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DEL LA GO TITICACA SECTOR UROS CHULLUNI POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DISTRITO DE PUNO, 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, la investigación es descriptiva y no experimental de corte transversal, obteniendo los siguiente resultados: La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, han mostrado que parámetros como el pH (6.96) y los nitratos (1.5 mg/L) mantienen niveles compatibles con condiciones neutras y moderadas de nutrientes, otros parámetros como cloruros (448.21 mg/L), sulfatos (360 mg/L), calcio (28.88 mg/L) y magnesio (670.33 mg/L) muestran valores elevados. En el aspecto microbiológico, los coliformes termotolerantes (68 NMP/100 ml) y coliformes totales (180 NMP/100 ml) están presentes en niveles bajos. Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 4: Conservación del ambiente acuático , especificación E1 (lagunas y lagos), establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se observa que los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica exceden los límites permisibles, lo que evidencia un incumplimiento normativo, sin embargo, los parámetros microbiológicos y el pH se mantienen dentro de los rangos establecidos. Concluyendo que el nivel de

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA SECTOR
UROS CHULLUNI POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DISTRITO
DE PUNO , 2025**

PRESENTADA POR:

YULIAN IRANO RAMOS FLORES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: ingeniería, Tecnológica.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Línea de investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 01 de agosto del 2025.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a mi familia, pilar fundamental en cada etapa de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad; y por estar siempre presentes con su apoyo moral y emocional. A mis hermanos, por sus palabras de ánimo y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mis amigos, quienes con su compañía, comprensión y aliento hicieron más llevadero este proceso, recordándome que nunca estoy solo en los momentos difíciles.

Agradezco profundamente a los docentes que marcaron mi formación académica, no solo por compartir sus conocimientos, sino también por fomentar en mí el pensamiento crítico, la curiosidad y el compromiso con la excelencia. En especial, dedico unas palabras sinceras de gratitud a mi asesor, por su guía constante, por sus valiosas observaciones y por su dedicación durante todo el desarrollo de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una sólida formación académica y profesional que me ha permitido desarrollar competencias fundamentales para contribuir al progreso de mi región. Gracias a su compromiso con la excelencia educativa, he podido fortalecer mi vocación de servicio y responsabilidad social como futuro profesional en Ingeniería Ambiental.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio donde adquirí los conocimientos técnicos y científicos necesarios, y por fomentar en mí una conciencia ambiental crítica y proactiva. Agradezco profundamente a todos los docentes que con dedicación y exigencia formaron parte de mi formación profesional.
- A los distinguidos miembros del jurado calificador:
 - o Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda,
 - o Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez, y
 - o Dra. Marlene Cusi Montesinos,por su valiosa participación en la evaluación de esta investigación. Su experiencia académica, sus observaciones y sugerencias han contribuido significativamente al fortalecimiento de este trabajo.
- A mi asesor, el Mg. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su acompañamiento constante, por compartir generosamente su conocimiento y experiencia, y por guiarme con paciencia y compromiso durante todo el proceso de desarrollo de esta investigación. Su orientación ha sido clave para la culminación satisfactoria de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. EL AGUA	20

2.1.2. LA IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA HUMANIDAD.	20
2.1.3. EL AGUA SUPERFICIAL	21
2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	21
2.1.5. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	22
2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES	22
2.1.7. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.	23
2.1.8. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES.	24
2.1.9. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	29
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	30
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	30
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	30
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	32
3.2.1. POBLACIÓN.	32
3.2.2. MUESTRA.	33
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	33
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	34
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD UROS CHULLUNI DEL DISTRITO DE PUNO - 2025.	37
4.2. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD UROS CHULLUNI DEL DISTRITO DE PUNO - 2025, CON EL ECA PARA EL AGUA DEL D.S. N° 004-2017-MINAM.	40
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	47
4.4.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO GENERAL	47
4.4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.	47
4.4.3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2.	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas UTM del punto de muestreo.	33
Tabla 02: Operacionalización de variables.	36
Tabla 03: Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del Distrito de Puno.	31
Figura 02: Ubicación de la comunidad de Uros Chulluni en el Distrito de Puno.	32
Figura 03: Ubicación del punto de muestreo.	33
Figura 04: Comparación del parámetro pH.	40
Figura 05: Comparación del parámetro conductividad eléctrica.	41
Figura 06: Comparación del parámetro sólidos disueltos totales.	42
Figura 07: Comparación del parámetro nitratos.	43
Figura 08: Comparación del parámetro coliformes termotolerantes.	44
Figura 09: Vista panorámica de la zona de estudio.	59
Figura 10: Aproximación al lugar del punto de muestreo.	59
Figura 11: Preparando los materiales para el muestreo físico químico.	60
Figura 12: Tomando la muestra para el análisis fisicoquímico	60
Figura 13: Rotulando la muestra para el análisis fisicoquímico.	61
Figura 14: Preparando los materiales para el muestreo bacteriológico.	61
Figura 15: Tomando la muestra para el análisis bacteriológico	62
Figura 16: Tomando la muestra para el análisis bacteriológico	62
Figura 17: Almacenando la muestra para el análisis microbiológico.	63
Figura 18: Almacenando las 02 muestras para el análisis.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia.	55
Anexo 02: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático)	56
Anexo 03: Análisis de laboratorio.	58
Anexo 04: Galería fotográfica.	59

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, la investigación es descriptiva y no experimental de corte transversal, obteniendo los siguiente resultados: La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, han mostrado que parámetros como el pH (6.96) y los nitratos (1.5 mg/L) mantienen niveles compatibles con condiciones neutras y moderadas de nutrientes, otros parámetros como cloruros (448.21 mg/L), sulfatos (360 mg/L), calcio (28.88 mg/L) y magnesio (670.33 mg/L) muestran valores elevados. En el aspecto microbiológico, los coliformes termotolerantes (68 NMP/100 ml) y coliformes totales (180 NMP/100 ml) están presentes en niveles bajos. Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, especificación E1 (lagunas y lagos), establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se observa que los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica exceden los límites permisibles, lo que evidencia un incumplimiento normativo, sin embargo, los parámetros microbiológicos y el pH se mantienen dentro de los rangos establecidos. Concluyendo que el nivel de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni, presenta una alteración significativa en sus características fisicoquímicas, especialmente por la alta mineralización del agua evidenciada en los valores elevados de sólidos disueltos totales (2250 mg/L), dureza total (2850 mg CaCO₃/L), alcalinidad (643.22 mg/L), y conductividad eléctrica (4500 µmho/cm). Estos indicadores reflejan una carga considerable de contaminantes disueltos, atribuibles al ingreso de aguas residuales y residuos urbanos, lo que afecta negativamente el equilibrio ambiental del sector.

Palabras clave: Aguas, Contaminación, ECA, Fisicoquímicos, Parámetros.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the levels of contamination of the bay of Lake Titicaca by discharge of wastewater in the community of Uros Chulluni of the district of Puno - 2025, the investigation is descriptive and non-experimental cross-sectional, obtaining the following results: The concentration of the physicochemical and microbiological parameters have shown that parameters such as pH (6.96) and nitrates (1.5 mg / L) maintain levels compatible with neutral and moderate nutrient conditions, other parameters such as chlorides (448.21 mg / L), sulfates (360 mg / L), calcium (28.88 mg / L) and magnesium (670.33 mg / L) show high values. In the microbiological aspect, thermotolerant coliforms (68 NMP / 100 ml) and total coliforms (180 NMP / 100 ml) are present at low levels. When comparing the results obtained with the Environmental Quality Standards (ECA) for water - Category 4: Conservation of the aquatic environment, specification E1 (lagoons and lakes), established in D.S. N° 004-2017-MINAM, it is observed that the total dissolved solids and electrical conductivity exceed the permissible limits, which shows a regulatory non-compliance, however, the microbiological parameters and the pH remain within the established ranges. Concluding that the level of contamination of the Lake Titicaca bay due to the discharge of wastewater in the community of Uros Chulluni, presents a significant alteration in its physicochemical characteristics, especially due to the high mineralization of the water evidenced in the high values of total dissolved solids (2250 mg / L), total hardness (2850 mg CaCO₃ / L), alkalinity (643.22 mg / L), and electrical conductivity (4500 µmho / cm). These indicators reflect a considerable load of dissolved pollutants, attributable to the influx of wastewater and urban waste, which negatively affects the environmental balance of the sector.

Keywords: Water, Contamination, ECA, Physicochemical, Parameters.

INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca, el cuerpo de agua navegable más alto del mundo y uno de los recursos hídricos más importantes de América del Sur, se ha visto cada vez más afectado por actividades antrópicas que amenazan su equilibrio ecológico. En las últimas décadas, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado se ha convertido en una de las principales fuentes de contaminación, comprometiendo la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos (Vásquez y Chenta, 2018). En este contexto, el presente trabajo de investigación representa un aporte significativo tanto para la Municipalidad Provincial de Puno como para la comunidad de Uros Chulluni, ya que busca identificar de manera precisa los puntos de descarga de aguas residuales hacia la bahía del lago Titicaca y evaluar su impacto.

La investigación se centra específicamente en el sector Uros Chulluni, una comunidad que, pese a su riqueza cultural y su estrecha relación con el lago, se enfrenta a una creciente problemática ambiental derivada del vertimiento de aguas domésticas y residuales. El estudio se enfocará en evaluar la calidad del agua en esta zona, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de establecer el nivel de contaminación presente (Hassan, 2015). Esta información permitirá no solo evidenciar la magnitud del problema, sino también servir de base para la elaboración de propuestas técnicas de tratamiento de aguas residuales, así como para el diseño de políticas ambientales sostenibles.

Asimismo, los resultados obtenidos serán de gran utilidad para organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, profesionales en el campo ambiental, estudiantes, y miembros de la comunidad local, ya que proporcionarán datos científicos actualizados que contribuirán a la toma de decisiones informadas. Este trabajo también se proyecta como una referencia para futuras investigaciones orientadas a profundizar en la relación entre las actividades humanas y la calidad ambiental del lago Titicaca.

En tanto que el agua es un recurso natural esencial, limitado y no renovable, su conservación y protección deben ser prioritarias. El acceso a agua limpia y segura constituye un derecho humano fundamental, por lo cual resulta imperativo vigilar su calidad. La evaluación de los parámetros establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, conforme al D.S. N.º 004-2017-MINAM, permite determinar si el recurso hídrico cumple con las condiciones necesarias para su uso y preservación. En este sentido, la presente investigación resalta la problemática ambiental generada por los vertimientos residuales en la bahía del lago Titicaca, y busca identificar aquellos parámetros contaminantes que exceden los límites permitidos, contribuyendo así al conocimiento técnico y científico sobre la calidad del agua en el sector Uros Chulluni.

El presente documento se estructura en varios capítulos. En el Capítulo I se plantea el problema de investigación, se revisan antecedentes internacionales, nacionales y locales, y se formulan los objetivos del estudio. El Capítulo II contiene el marco teórico, conceptual y normativo que fundamenta la investigación, así como las hipótesis planteadas. En el Capítulo III se describe la metodología empleada, la zona de estudio, la población y muestra, y los aspectos estadísticos. El Capítulo IV presenta, analiza e interpreta los resultados obtenidos. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito mundial, la gestión de las aguas residuales se rige como un desafío apremiante, especialmente en el contexto del crecimiento demográfico y la creciente demanda de agua. La mayoría de las actividades humanas generan aguas residuales, ya medida que la necesidad de agua se intensifica, también lo hace el volumen de aguas residuales producidas, lo que conlleva un aumento en los niveles de contaminación a escala global (UNESCO, 2017). Desafortunadamente, en la mayoría de los países, las aguas residuales se descargan directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. Esta práctica generalizada tiene consecuencias significativas para la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce y la integridad de los ecosistemas.

En América Latina, el problema de las aguas residuales es un gran desafío, con un 70% de estas aguas vertidas sin tratamiento previo a las fuentes hídricas. A pesar de la magnitud del problema, la inversión pública en proyectos de tratamiento de aguas residuales se limita al 30%, poniendo en riesgo la salud pública y los recursos naturales de la región (Vásquez y Chenta, 2018).

En Perú, la contaminación del agua es un problema ambiental crítico que amenaza la biodiversidad de sus ecosistemas acuáticos (Custodio y Chávez, 2017). La fragilidad de estos ecosistemas los hace particularmente vulnerables a la contaminación, lo que impacta negativamente a las comunidades ecológicas únicas que albergan.

La expansión urbana y el desarrollo de los sistemas de saneamiento han resultado en un aumento significativo en la producción de aguas residuales domésticas. Este incremento se debe al constante crecimiento de la demanda global de agua, lo que a su vez eleva el volumen y la contaminación de las aguas residuales. En la actualidad, más del 80% de las aguas residuales a nivel mundial se descargan en cuerpos de agua cercanos sin un tratamiento previo o adecuado. Esta práctica genera graves problemas de contaminación que deterioran la calidad del agua, con consecuencias negativas a corto y largo plazo para la salud humana, el medio ambiente y los ecosistemas acuáticos.

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y microbiológicas que determinan si es adecuada para un uso específico. Es un indicador de la salud tanto de las personas como de los ecosistemas, ya que influye en la biodiversidad, la calidad de los alimentos y las actividades socioeconómicas (Hassan, 2015).

El lago Titicaca, ubicado en el departamento de Puno, Perú, alberga a la comunidad campesina de los Uros Chulluni. Esta comunidad, ubicada a orillas de la ciudad de Puno, se divide en dos sectores: Chulluni (tierra firme) y Los Uros (lago Titicaca). En este último sector, donde se encuentran viviendas, alojamientos y restaurantes turísticos, las aguas residuales se descargan directamente al lago Titicaca. Ante esta situación, surge la necesidad de investigar el nivel de contaminación de la bahía del lago Titicaca debido al vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni durante el año 2024. Por ello, se formularon estas preguntas:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cuál es el nivel de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cómo es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025?

- ¿La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, cumplirán con los ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Aguilar y Solano (2019), se centraron en evaluar el impacto de las aguas residuales domésticas en el Caño Grande, Villavicencio, Meta, utilizando el índice de contaminación ICOMO en un tramo de 4.9 km. Los investigadores realizaron tres estaciones de muestreo y realizaron cuatro monitoreos durante la temporada de lluvias para analizar variables *in situ* (pH 7.9, oxígeno disuelto 7.4, temperatura 24.3 y conductividad 232 uS/cm) y *ex situ* (coliformes totales y DBO5). Los resultados arrojaron un valor promedio de 4.8 en el índice ICOMO, indicando una contaminación media del agua en las tres estaciones. Mediante la medición de Pearson, se identificó que los coliformes totales fueron el factor con mayor influencia en el resultado final del índice ICOMO, lo que sugiere que la contaminación fecal es un problema importante en el Caño Grande.

La investigación de Zúniga et al. (2021), se llevó a cabo en el río Grande, Veracruz, con el objetivo de evaluar la calidad del agua durante las temporadas de lluvias y nortes, comparando los resultados con las normas oficiales mexicanas. Se analizan variables como DBO5, DQO, SST, coliformes fecales y OD, ya que estos parámetros suelen exceder los límites permitidos para aguas superficiales según la CONAGUA. Los resultados revelaron que los niveles de coliformes fecales sobrepasaron los límites máximos permisibles en todos los puntos de muestreo y en ambas épocas climáticas, lo que sugiere una contaminación fecal constante en el río. Si bien se encontraron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre los puntos de muestreo, no se observaron variaciones significativas entre las temporadas de lluvias y nortes ($p < 0.05$). Esto indica que las descargas de aguas residuales tienen un impacto continuo en la calidad del río Grande, independientemente de la época del año.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

García (2018), El estudio de Quispe (2022), realizado en la ciudad de Huancavelica, analizó la incidencia de las aguas residuales y los residuos sólidos urbanos en la contaminación del río Ichu. Con un enfoque cuantitativo y diseño descriptivo-correlacional, se encuestó a 149 personas de una población de 15.270 habitantes. Los resultados evidenciaron una relación moderada y directa ($r = 0,563$) entre los factores mencionados y la contaminación del río, con una significancia estadística alta ($p < 0,05$). Se concluyó que la contaminación físico-química y biológica del río Ichu está estrechamente vinculada al vertimiento de aguas residuales y a la inadecuada disposición de residuos sólidos.

Cusiche y Miranda (2019), investigaron el nivel de afectación de los ecosistemas del lago Junín producto del vertimiento de aguas residuales, tanto domésticas como institucionales, orientada al análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua, se establecieron dos épocas de muestreo lluvia y estiaje con el propósito de evaluar la calidad del agua del lago Junín y su zona de influencia ecológica. Los resultados revelaron valores como: conductividad de 455 uS/cm, dureza total de 144 mg/L, pH de 7.7, cloruros de 13.01 mg/L, cloro residual de 14.05 mg/L y sulfatos de 99 mg/L. Estos parámetros evidencian un deterioro progresivo de la calidad del recurso hídrico. En este contexto, se identificó que distintas instituciones y sectores productivos como la minería, hospitales, mercados y las actividades agrícolas y pecuarias ejercen una presión creciente sobre el ecosistema lacustre.

Baqueriza et al. (2019), realizaron una revisión documentaria con el propósito de analizar la contaminación de ríos, los investigadores realizaron una revisión centrada en la contaminación del río Guayas y sus afluentes, analizando el marco legal ambiental y los factores que deterioran la calidad del agua. Identificaron como principales causas las descargas de aguas residuales sin tratar, los desechos industriales tóxicos y los residuos sólidos. También destacaron la débil aplicación de las normas ambientales. Concluyeron que el problema es multifactorial y recomendaron políticas públicas para mejorar el

tratamiento de aguas, fortalecer el control ambiental y fomentar una gestión integral y participativa del recurso hídrico.

Lima (2020), se centró en determinar el impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad ambiental del agua del río Sicra Lircay, Huancavelica. Para ello, se tomaron muestras de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en tres puntos estratégicos: antes del vertimiento (PM^o1 - Zona Primer puente), durante el vertimiento (PM^o2 - Zona Puente Tablachaca) y después del vertimiento (PM^o3 - Muyocc). Los resultados obtenidos para el punto después del vertimiento fueron los siguiente: Coliformes Termotolerantes 49000 NMP/100 ml, Fósforo Total 0.643 mg/L, Nitratos 0.209 mg/L, pH 8.5, Sólidos Totales disueltos 5 mg/L. Se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del DS N°004-2017-MINAM. Para determinar el Índice de Calidad Ambiental (ICA) NSF.. El estudio arrojó un ICA de 42.18, lo que según la National Sanitation Foundation (NSF) clasifica al agua como "muy contaminada". El parámetro que más influyó en este resultado fue la presencia de coliformes termotolerantes, lo que sugiere una alta contaminación fecal.

El estudio de Sáez et al. (2022), destaca el impacto negativo de las aguas residuales en la calidad de los ríos. La investigación, que abarcó bases de datos como Science Direct, EBSCO y Scielo, reveló que las aguas residuales alteran las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, afectando negativamente a los ecosistemas acuáticos. Un hallazgo alarmante es que el 80% de las aguas residuales terminan en el medio ambiente sin tratamiento previo, lo que subraya la necesidad urgente de implementar estrategias efectivas para el tratamiento de aguas residuales y la protección de los ecosistemas fluviales.

Rodriguez (2022), evaluó el impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Chuyapi, ubicado en el distrito de Santa Ana, Perú. Se tomaron muestras en diferentes puntos del río durante las temporadas de lluvias y estiaje, a cubiertas un período de nueve meses (marzo a diciembre). Los análisis de laboratorio se centraron en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cuyos resultados fueron

contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de la categoría IV y los Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos de aguas residuales. Los resultados revelaron que los niveles de coliformes termotolerantes excedieron los LMP y ECA establecidos tanto en el punto de vertimiento como en el cuerpo receptor del río, alcanzando valores de hasta 25 000 NMP/100 mL en época de lluvias. Además, se detectó una superación de los ECA para el parámetro de DBO5 en el punto de vertimiento durante la temporada de lluvias, con un valor de 10,46 mg/L. En cuanto al fósforo, se observará que tanto el cuerpo de agua como el cuerpo receptor superaron los ECA en época de estiaje, con concentraciones de 0.059 mg/L y 0.122 mg/L, respectivamente. Estos hallazgos sugieren que el vertimiento de aguas residuales domésticas está afectando negativamente la calidad del agua del río Chuyapi, especialmente en lo que respecta a la contaminación microbiológica y la presencia de materia orgánica y nutrientes.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.

La investigación de Laqui (2019), sobre la contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad del agua en la cuenca del Lago Titicaca, se enfoca en el análisis de espacios regionales a una escala de 1:100 000, utilizando análisis estadísticos multivariados. Este estudio revela que numerosos cuerpos de agua de dicha cuenca presentan alteraciones significativas, superando los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA). La investigación concluye que el uso de suelo urbano ejerce una influencia considerable en el deterioro de la calidad del agua, afectando directamente parámetros físicos como el pH y los coliformes termotolerantes, así como parámetros inorgánicos como el sodio (Na) y los fosfatos. No obstante, la relación entre metales y metaloides como el plomo (Pb), cadmio (Cd), hierro (Fe) y zinc (Zn) con la contaminación resulta poco significativa en este contexto.

Tarapa (2023), evaluó la calidad ambiental del agua en la bahía interior de Puno, en el lago Titicaca, y reveló que varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA). Los resultados indican que la

conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, el azufre y el fósforo exceden los límites establecidos por los ECA, lo que sugiere una contaminación significativa en la bahía interior de Puno. Específicamente, los niveles de conductividad eléctrica (1654 $\mu\text{S}/\text{cm}$) superan el límite de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido por el ECA - 4. Aunque el oxígeno disuelto (8.76 mg/L) se encuentra por encima del mínimo de 5 mg/L del ECA - 4, los niveles elevados de azufre (0.02 mg/L) y fósforo (0.49 mg/L) exceden los límites de 0,002. mg/L y 0,035 mg/L respectivamente. Estos hallazgos resaltan la necesidad de una vigilancia más estricta de los vertimientos en el lago Titicaca para prevenir una mayor contaminación.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025.
- Comparar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

El agua, esencial para la vida, es un compuesto cuya molécula está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H_2O). Esta sencilla fórmula química esconde una gran complejidad, ya que el agua puede presentarse en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso (Blancas & Hervás, 2001). El agua es un disolvente universal, esta propiedad es crucial en numerosos procesos químicos y biológicos, pero también implica que el agua pura, en estado natural, es prácticamente inexistente, ya que siempre contiene otras sustancias disueltas.

El agua, en su constante ciclo a través de la atmósfera y el suelo, actúa como un disolvente natural, arrastrando y disolviendo diversos componentes a su paso. Esta propiedad inherente del agua implica que, incluso en áreas no contaminadas, contendrá tanto componentes orgánicos como inorgánicos (Encinas, 2011).

El agua es un recurso natural renovable pero vulnerable, además es esencial para la vida y fundamental para las actividades humanas. Su gestión estratégica es crucial para el desarrollo sostenible del país, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, la seguridad nacional y, lo más importante, la vida en el planeta (Congreso de la República, 2009).

2.1.2. LA IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA HUMANIDAD.

El agua, un recurso natural esencial para la vida, presenta una paradoja: a pesar de su abundancia en la Tierra, el agua dulce disponible para el consumo humano es limitada y

su calidad se ve afectada por diversos factores (Organización Mundial de la Salud, 2019). El agua cubre más de las tres cuartas partes de la superficie terrestre, sin embargo, solo un pequeño porcentaje de esta agua es dulce y accesible. El 97% del agua total se encuentra en los océanos y cuerpos salinos, lo que la hace no apta para el consumo humano. Del 3% restante de agua dulce, la mayor parte (2%) se encuentra en forma de hielo y glaciares, lo que dificulta su acceso. Esta situación deja solo un 0.62% del agua total en fuentes accesibles como lagos, ríos y mantos freáticos, cruciales para el desarrollo de la vida humana y diversas actividades (Ministerio del Ambiente, 2019).

2.1.3. EL AGUA SUPERFICIAL

En el Perú, la disponibilidad de aguas superficiales presenta una paradoja: a pesar de su abundancia en términos de cantidad, su distribución desigual a lo largo del territorio genera escasez en muchas regiones. Esta problemática se agudiza aún más debido al deterioro crítico de la calidad del agua, poniendo en riesgo la salud de las personas y el equilibrio de los ecosistemas. La principal causa de esta situación es la insuficiencia o la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales domésticas. El vertido directo de estas aguas, sin depurar, a los cuerpos de agua, sumado al manejo inadecuado de los residuos sólidos, contamina ríos, lagos y otras fuentes de agua, afectando su calidad y limitando su uso para consumo humano, agricultura y otras actividades (GEOHIDRO, 2019).

2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Las aguas superficiales, visibles en la superficie terrestre, se originan principalmente por las precipitaciones y la acumulación en las partes altas de las cuencas. Este flujo hídrico da origen a diversos cuerpos de agua como ríos, riachuelos, manantiales y arroyos, que eventualmente pueden desembocar en lagos, lagunas o charcos si no logran infiltrarse en el subsuelo. Estas aguas se clasifican en dos categorías principales: lénticas, que se caracterizan por su quietud como lagos y lagunas; y lólicas o corrientes, donde el agua fluye dinámicamente como en ríos y arroyos (Encinas, 2011).

Aguas lóaticas: son aquellos cuerpos de agua que se caracterizan por estar en constante movimiento y fluir en una única dirección, como los ríos, manantiales, riachuelos y arroyos.

Aguas lénticas: son cuerpos de agua que no presentan movimiento constante. Se encuentran estancadas, quietas o con un movimiento muy lento. Algunos ejemplos son las lagunas, charcos, humedales y pantanos.

2.1.5. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua se refiere a la introducción de sustancias o condiciones que alteran negativamente su calidad, afectando su uso y función ecológica (Mamani et al., 2003). Esta contaminación puede tener un origen tanto antropogénico, es decir, causado por actividades humanas, como natural, resultado de procesos naturales (Arellano & Guzmán, 2011):

- Precipitación atmosférica: El agua que cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve, granizo, etc.
- Escorrentía agrícola: El agua que fluye desde los campos de cultivo después de la lluvia o el riego.
- Escorrentía superficial urbana: El agua que fluye de las superficies impermeables de las ciudades, como calles y techos, durante las lluvias.
- Vertimientos de aguas domésticas: Las aguas residuales provenientes de hogares y edificios, que contienen materia orgánica, detergentes y otros.
- Descargas de vertimientos industriales: Las aguas residuales generadas por procesos industriales, que pueden contener una variedad de contaminantes tóxicos y peligrosos.

2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son un tema complejo con diversas definiciones. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) las describe como "aguas gastadas o usadas de un hogar, comunidad, granja o industria que contienen materia disuelta o suspendida" (EPA, 2016). Desde una perspectiva más técnica, la Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define las aguas residuales como "agua que no tiene valor inmediato para el fin que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo esto debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales (FAO, 2019).

2.1.7. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales se pueden clasificar en:

- Aguas residuales urbanas: son aquellas que se generan en las ciudades como resultado de las actividades humanas. Proviene de hogares, comercios, industrias y edificios públicos, y contienen una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas. Sus características son las siguientes:

- Características: los parámetros que determinan la calidad de las aguas residuales urbanas son diversos, incluyendo la temperatura, el pH, los sólidos suspendidos totales, la demanda química de oxígeno (DQO5), la demanda biológica de oxígeno (DBO), el nitrógeno amoniacal, los nitratos, los fosfatos totales y el nitrógeno total.

- Aguas residuales industriales: son aquellas que se generan durante los procesos productivos e industriales. Estas aguas pueden contener una amplia variedad de contaminantes, dependiendo del tipo de industria y los procesos específicos que se llevan a cabo. Algunos de los contaminantes más comunes en las aguas residuales industriales incluyen (López & Martín, 2015):

- Microbios patógenos.
- Metales pesados (mercurio y plomo).
- Materia orgánica persistente.
- Pesticidas y fertilizantes.
- Sedimento en suspensión.

2.1.8. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales, al ser vertidas sin un tratamiento adecuado o sin ningún tratamiento, pueden acarrear una serie de consecuencias negativas como:

- Efectos en la salud humana: las aguas residuales contaminadas pueden ser un foco de infección de diversas enfermedades, como el cólera y enfermedades tropicales desatendidas (dengue, dracunculiasis, filariasis linfática, esquistosomiasis, helmintos transmitidos por el suelo y tracoma).
- Efectos ambientales: la falta de tratamiento de las aguas residuales afecta la calidad y disponibilidad del agua, contaminando ríos, lagos, océanos y acuíferos. La contaminación del agua por aguas residuales puede tener efectos negativos en la vida acuática, los ecosistemas y la salud humana, además puede llevar a la pérdida de biodiversidad, ya que muchas especies no pueden sobrevivir en ambientes contaminados (Tarapa, 2023).
- Efectos económicos: puede tener un impacto negativo en la producción agrícola y pesquera, ya que los cultivos y los peces pueden verse afectados por la contaminación del agua y el suelo.

2.1.9. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.

La calidad del agua se evalúa mediante un análisis exhaustivo que abarca tanto parámetros físicos (análisis cualitativo) como químicos y biológicos (análisis cuantitativo). El análisis cualitativo se centra en las características observables a simple vista, como el color, olor, sabor y turbidez del agua. Estos parámetros pueden indicar la presencia de impurezas o contaminación (Organización Mundial de la Salud, 2019).

a. Parámetros físicos: son características que se pueden percibir a través de los sentidos o medir mediante instrumentos sencillos. Estos parámetros son importantes porque pueden indicar la presencia de contaminantes o cambios en la calidad del agua. Algunos de los parámetros físicos más comunes son:

- **Turbiedad:** es un parámetro que mide la dificultad para que la luz pase a través del agua debido a la presencia de partículas suspendidas y coloidales. Estas partículas son difíciles de eliminar por decantación o destilación, y pueden causar problemas como la

formación de depósitos en tuberías y equipos, lo que interfiere con los procesos de tratamiento del agua. La unidad de medida es la Unidad Nefelométrica de Turbiedad (NTU) o Unidad de Formación de Nefelometría (NFU), cuanto mayor sea el valor de NTU, más turbia será el agua (Rigola, 1989).

- Color: aunque está relacionado con la turbidez, es un indicador independiente que se clasifica en color aparente (el color producido por la presencia de material suspendido) y color verdadero (el color que permanece tras eliminar la turbidez). El color aparente puede verse influenciado por la turbidez, pero el color verdadero revela el color propio de las sustancias disueltas, siendo un indicador más preciso de la calidad del agua (Sierra, 2011).

- Olor y sabor: son propiedades organolépticas del agua que se detectan a través del olfato y el gusto. Aunque son subjetivos, estos parámetros son importantes porque pueden indicar la presencia de sustancias indeseables en el agua. El sabor del agua puede variar según su composición química. Por ejemplo, concentraciones elevadas de cloruro (Cl) a partir de 300 ppm pueden darle un sabor salado, mientras que el sulfato (SO_4) a partir de 450 ppm puede generar un sabor salado y amargo (Rigola, 1989).

- Temperatura: es un parámetro físico fundamental del agua que influye en muchas de sus propiedades y procesos. Afecta la viscosidad del agua, la solubilidad de los gases y minerales, la velocidad de las reacciones químicas y biológicas, y la eficacia de los procesos de tratamiento (Sierra, 2011).

- Conductividad: es una medida de la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica. Esta propiedad está relacionada con la presencia de iones disueltos en el agua, como calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros y sulfatos. Cuanto mayor sea la concentración de iones, mayor será la conductividad del agua. La conductividad se mide con un conductímetro y se expresa en microsiemens por centímetro [$\mu\text{S}/\text{cm}$] o milisiemens por centímetro [mS/cm] (Sierra, 2011).

- Sólidos Suspendidos Totales: son partículas orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en el agua. Estas partículas pueden ser de diversos tamaños y pueden

incluir arcilla, limo, arena, materia orgánica en descomposición, algas, bacterias y otros microorganismos. Los SST pueden afectar la claridad del agua, interferir con la desinfección, y causar problemas estéticos y económicos. La concentración de SST se mide filtrando una muestra de agua a través de un filtro y pesando los sólidos retenidos. Los resultados se expresan en miligramos por litro [mg/L] o partes por millón [ppm] (Sierra, 2011).

b. Parámetros químicos: son aquellos que se determinan mediante análisis cuantitativo, los cuales revelan la composición química del agua e incluyen sustancias como alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutrientes. Estas sustancias se disuelven en el agua, afectando sus características y calidad (Arellano & Guzmán, 2011). Algunos de los parámetros químicos más importantes para determinar la calidad del agua son:

- pH: es una medida fundamental de la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Específicamente, mide la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en el agua. La escala de pH varía de 0 a 14, donde los valores por debajo de 7 indican condiciones ácidas, los valores por encima de 7 indican condiciones alcalinas o básicas, y un valor de 7 se considera neutro. El pH se mide comúnmente utilizando un pHmetro, un instrumento electrónico que detecta la concentración de iones de hidrógeno (Sierra, 2011).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos, principalmente bacterias, consumen al descomponer la materia orgánica biodegradable en una muestra de agua durante un período de 5 días a una temperatura de 20°C. La DBO5 es un indicador importante de la cantidad de materia orgánica presente en el agua y, por lo tanto, de su nivel de contaminación. Se mide incubando una muestra de agua durante 5 días y midiendo la disminución del oxígeno disuelto. Los resultados se expresan en miligramos de oxígeno consumido por litro de agua [mg/L] (Sierra, 2011).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente tanto la materia orgánica biodegradable

como la no biodegradable en una muestra de agua. Se mide utilizando un agente oxidante químico fuerte, como el dicromato de potasio, en condiciones ácidas y altas temperaturas. Los resultados se expresan en miligramos de oxígeno consumido por litro de agua en mg/L (DIGESA, 2010).

- Oxígeno Disuelto (OD): es la cantidad de oxígeno molecular (O_2) disuelto en agua. El oxígeno es esencial para la vida acuática, ya que la mayoría de los organismos acuáticos lo necesitan para respirar. La solubilidad del oxígeno en agua depende de la temperatura, la salinidad y la presión. El OD se mide utilizando un medidor de oxígeno disuelto o mediante métodos químicos. Los resultados se expresan en miligramos de oxígeno por litro de agua [mg/L] (DIGESA, 2010).

- Fósforo total: es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas y algas, pero su presencia en concentraciones elevadas puede ser un indicador de contaminación. El fósforo total se compone de fósforo orgánico, ortofosfatos y polifosfatos, y su presencia en cuerpos de agua puede ser el resultado de descargas de aguas residuales domésticas e industriales, así como de la escorrentía agrícola (Sierra, 2011).

- Nitratos: el ion nitrato NO_3 es el resultado de la oxidación de los nitritos por bacterias del género Nitrobacter. El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno y es común encontrarlo en aguas residuales. La presencia excesiva de excretas humanas y animales, así como el uso excesivo de fertilizantes, incrementan las concentraciones de nitratos en los cuerpos de agua. En aguas residuales, las concentraciones de nitratos raramente superan 1 mg/L, mientras que en aguas superficiales, estas concentraciones son aún menores, alrededor de 0.1 mg/L. Sin embargo, la presencia de nitratos en el agua incluso en concentraciones mínimas, es un indicador de la calidad del agua, ya que afecta significativamente a la fauna piscícola y otras especies acuáticas (Sierra, 2011).

- Nitrógeno amoniacal: se origina a partir de la transformación del nitrógeno orgánico presente en materia vegetal y animal en descomposición, al entrar en contacto con el agua. La presencia de nitrógeno amoniacal en cuerpos de agua es un indicador de la descomposición de materia orgánica, lo que provoca una disminución significativa en los

niveles de oxígeno disuelto en el agua. Se considera que existe un riesgo cuando la concentración de nitrógeno amoniacal supera los 0.2 mg/L. Esta concentración, en relación con el pH del agua (a menor concentración de amoníaco, mayor pH, según la normativa brasileña), puede ser perjudicial para la vida acuática, llegando a causar su muerte. Debido a estos riesgos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un límite máximo de 0.02 mg/L de nitrógeno amoniacal (DIGESA, 2010).

- **Nitrógeno total:** es la suma de todas las formas de nitrógeno en una muestra de agua, incluyendo el nitrógeno orgánico, el nitrógeno amoniacal, los nitritos y los nitratos. El nitrógeno total se mide mediante métodos químicos y los resultados se expresan en miligramos de nitrógeno por litro de agua (mg/L).

- **Sulfuros:** son compuestos químicos que contienen azufre, pueden estar presentes en aguas residuales industriales, aguas subterráneas y en cuerpos de agua contaminados. Los sulfuros pueden tener un olor desagradable y pueden ser tóxicos para la vida acuática en concentraciones elevadas. Se miden mediante métodos químicos y los resultados se expresan en miligramos de sulfuro por litro de agua (mg/L).

c. Parámetros microbiológicos: se refieren a la presencia y actividad de microorganismos en el agua. Estos microorganismos son indicadores importantes de la calidad del agua y su salubridad. El análisis de los parámetros microbiológicos del agua es fundamental para garantizar que el agua sea segura para el consumo humano y para proteger la salud de los ecosistemas acuáticos.

- **Coliformes termotolerantes:** también conocidos como coliformes fecales, son un grupo de bacterias que se encuentran en las heces fecales de humanos y animales. Su presencia en cuerpos de agua es un indicador de contaminación fecal y posible presencia de otros patógenos dañinos. La bacteria más representativa de este grupo es *Escherichia coli* (*E. coli*), pero también incluye otros géneros como *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (DIGESA, 2010).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

El agua: Es un compuesto cuya molécula se compone de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H_2O). Se presenta en la naturaleza en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso (Blancas & Hervás, 2001).

Las aguas residuales: Son aquellas que han sido utilizadas en hogares, comunidades, granjas o industrias, y que por lo tanto contienen materia disuelta o suspendida (EPA, 2016).

Calidad de Agua: se determina mediante el análisis cualitativo y cuantitativo. El análisis cualitativo se enfoca en los parámetros físicos, como el color, olor y sabor, mientras que el análisis cuantitativo evalúa los parámetros químicos y biológicos, como la presencia de metales pesados y microorganismos (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Parámetros físicos: son aquellos que se pueden determinar a través del análisis cualitativo, utilizando los sentidos del tacto, olfato y gusto (Rigola, 1989).

Parámetros químicos: se determinan mediante análisis cuantitativo. Estos parámetros incluyen sustancias como la alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutrientes. Estas sustancias, al interactuar con el agua como solvente universal, se disuelven en los cuerpos de agua, influyendo en sus características (Arellano & Guzmán, 2011).

Parámetros microbiológicos: se refieren a los microorganismos presentes en el agua. Estos microorganismos, en proporciones adecuadas, pueden ser indicadores de la calidad del agua y desempeñan un papel crucial en la degradación de materia orgánica e inorgánica a través de la actividad biológica (DIGESA, 2010).

2.3. MARCO NORMATIVO

El instrumento utilizado en esta investigación se basa en la normativa vigente establecida para la adecuada gestión de los recursos hídricos en Perú:

- Ley N° 29338, "Ley de Recursos Hídricos" del 31 de marzo de 2009: Esta ley faculta a la máxima autoridad del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos para velar por la protección del agua.

- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, publicado el 24 de marzo de 2010: Este decreto aprueba el Reglamento de la Ley N° 29338, "Ley de Recursos Hídricos". En su artículo 126°, se refiere al Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas, que debe ser aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.
- Tres decretos supremos que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua: Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Este decreto aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establece disposiciones complementarias.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, publicado el 17 de marzo de 2010: Este decreto aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

Los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, es alto.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, son elevados.
- Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, no cumplen con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en la comunidad campesina de Uros Chulluni, la cual se encuentra ubicada en la bahía de Puno, a 6 km del puerto de la ciudad de Puno. Las islas flotantes donde viven parte del poblado de los uros se encuentran al oeste del lago Titicaca, y al noreste de Puno a una altitud de 3809 msnm.

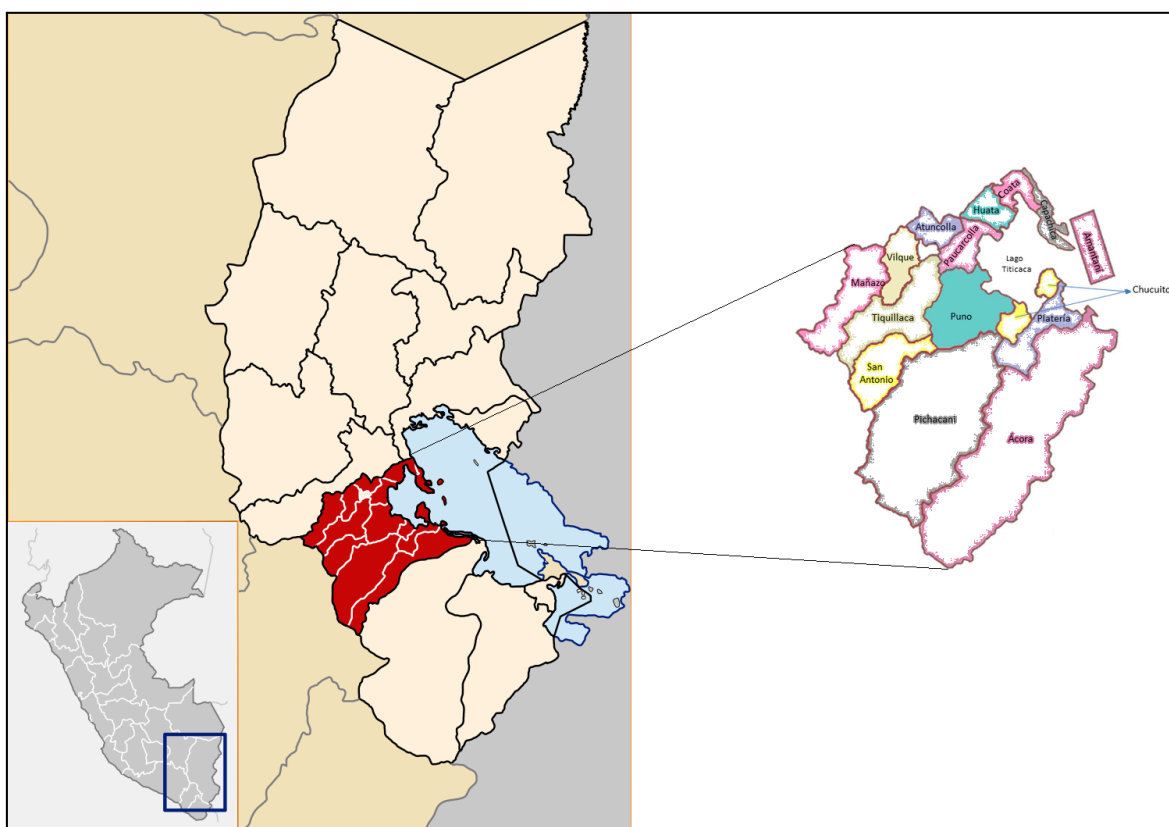


Figura 01: Ubicación del Distrito de Puno.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Puno#/

Uros Chulluni es una comunidad campesina ubicada en el distrito de Puno en la provincia de Puno de la región homónima en Perú. La comunidad campesina de Uros Chulluni ha sido identificada como el lugar en tierra firme, donde habita la mayor parte de la población que se reconoce como parte del pueblo uro. Está reconocida como una comunidad campesina según la Resolución R.J. 261-75-AE-ORAMS-VIII del 23 de octubre de 1975, con una partida electrónica N° 5010449 y cuenta con una extensión titulada de 78,25 ha dentro de la base de datos del Estado Peruano.

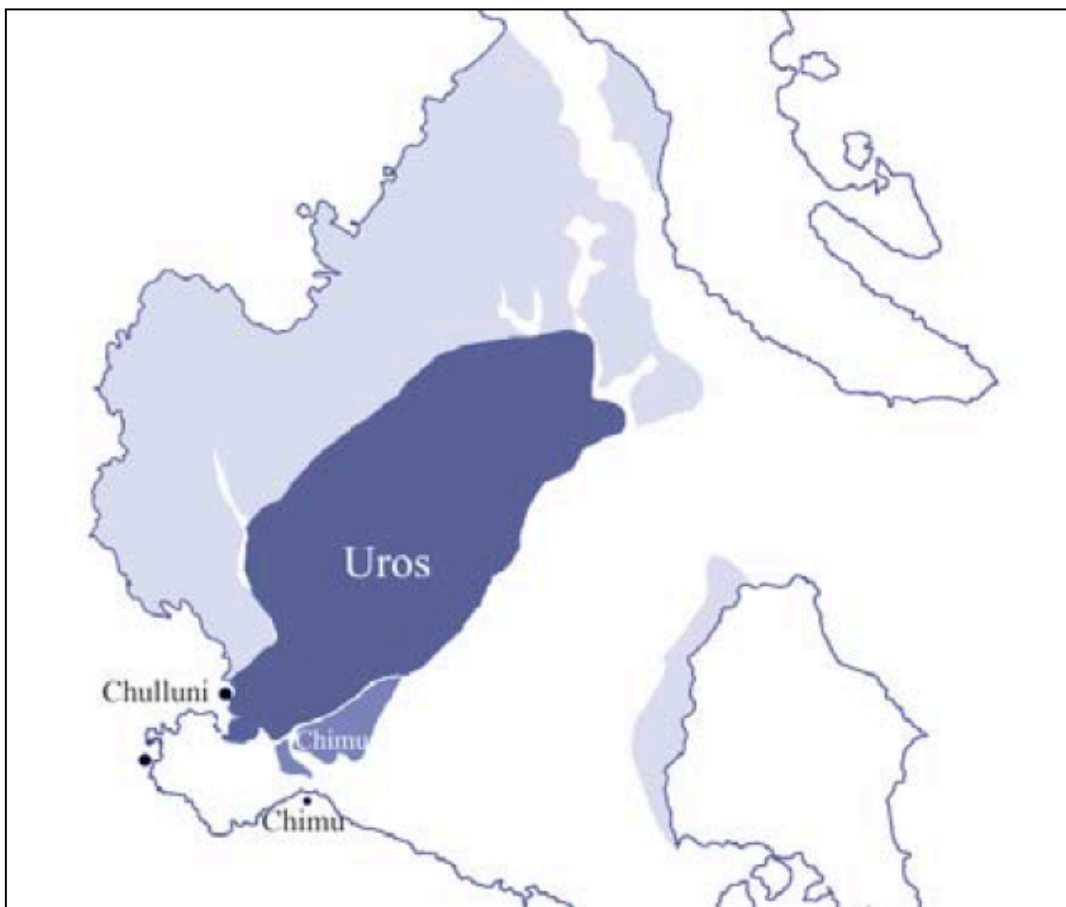


Figura 02: Ubicación de la comunidad de Uros Chulluni en el Distrito de Puno.

Fuente: (ORAMS, 1975).

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

La población estuvo conformada por el cuerpo de agua del Lago Titicaca que pertenece a la zona Sector Los Uros - Lago Titicaca el cual tiene un área de 5,000 m² de superficie.

3.2.2. MUESTRA.

En ésta investigación, el tipo de muestreo fué no probabilístico e intencional, porque se utilizó una muestra simple o puntual; se entiende como tomar una porción de agua en un punto determinado por lo tanto un análisis individual (protocolo de monitoreo de aguas). En la zona de estudio se tomaron 1 muestra por cada punto de evaluación.

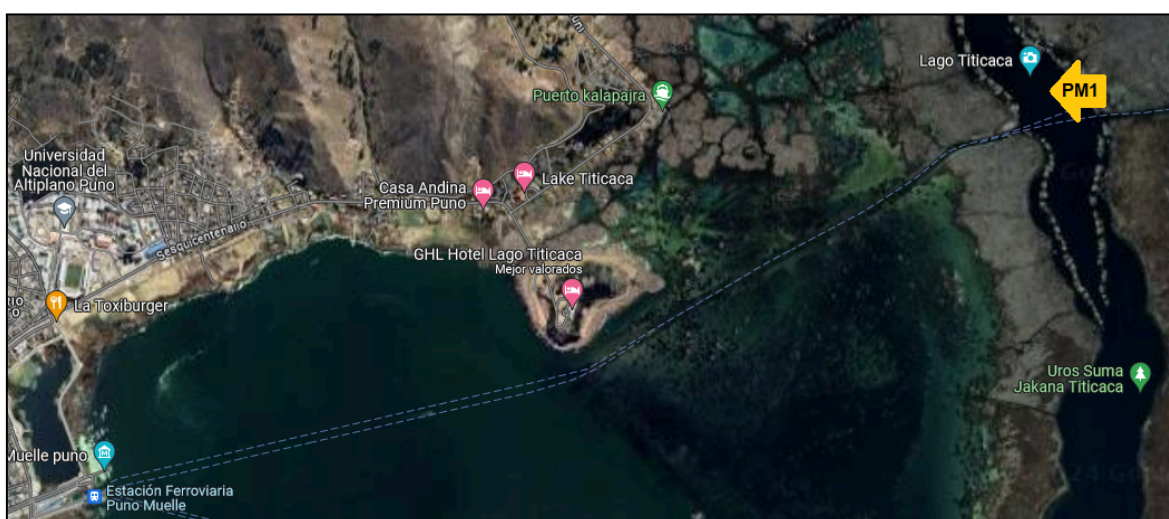


Figura 03. Ubicación del punto de muestreo.

Tabla 01: Coordenadas UTM del punto de muestreo.

Denominación	Ubicación UTM
PM1 - Punto de Muestreo 1	Zona 19
	395963.00 ESTE
	8250909.8 NORTE

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación fué de tipo descriptivo - cuantitativo, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de mediciones específicas de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua. Esta información se procesó

mediante técnicas estadísticas para establecer el nivel de contaminación presente en la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fué no experimental, de tipo descriptivo y comparativo. Es no experimental porque no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observó y analizó la situación tal como ocurre en su contexto natural. Es descriptivo porque permitió caracterizar el estado actual del agua mediante la medición de sus parámetros de calidad, y comparativo porque se confrontaron los resultados obtenidos con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Metodología para el análisis de parámetros fisicoquímicos: Para asegurar la representatividad y la integridad de las muestras de agua recolectadas, fué crucial seguir un protocolo detallado. Inicialmente, se requirió un recipiente de recolección con una capacidad mínima de 1000 ml (equivalente a 1 litro). Este volumen permitió obtener una cantidad suficiente de agua para realizar múltiples análisis y cubrir posibles imprevistos durante el proceso.

Para preservar la integridad de la muestra durante el transporte, fue fundamental mantenerla refrigerada. Las botellas con las muestras fueron colocadas inmediatamente dentro de un cooler o nevera portátil con hielo o paquetes refrigerantes, manteniendo una temperatura entre 2 °C y 8 °C. Este control de temperatura ayudó a ralentizar la actividad biológica y las reacciones químicas que podrían haber modificado la composición de la muestra.

El tiempo de transporte al laboratorio fue un factor crítico. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio dentro de un plazo máximo de 24 horas desde el momento de la toma. Este plazo aseguró que los análisis se realizaran mientras la muestra aún mantenía sus características originales. Fue importante documentar la cadena de

custodia de las muestras, registrando cada paso desde la recolección hasta la entrega en el laboratorio.

Las muestras recolectadas fueron sometidas a análisis exhaustivos en los laboratorios “Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.”, un laboratorio de ensayo acreditado por la Dirección de Acreditación del INACAL. Los análisis realizados en este laboratorio permitieron determinar la calidad del agua y evaluar su aptitud para diferentes usos.

Metodología para el análisis microbiológico:

Para la recolección de muestras, se requirió un recipiente con una capacidad volumétrica que osciló entre los 250 y 300 mililitros, seleccionándose idealmente materiales como vidrio o plástico de alta calidad. Fue crucial que el recipiente estuviera minuciosamente desinfectado y contará con una tapa hermética que garantizó un sellado adecuado, previniendo así la contaminación externa. El proceso de toma de muestras se realizó utilizando botellas esterilizadas previamente con agua destilada, asegurando la pureza inicial del entorno de la muestra. Una vez obtenidas, las muestras fueron colocadas inmediatamente en un cooler o contenedor refrigerado que mantuviera una temperatura controlada. El traslado de las muestras al laboratorio se realizó en un plazo máximo de 24 horas, respetando estrictamente la cadena de frío para preservar la integridad de los componentes microbiológicos.

Las muestras recolectadas fueron sometidas a análisis exhaustivos en los laboratorios “Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.”, un laboratorio de ensayo acreditado por la Dirección de Acreditación del INACAL.

El refrigerado y el almacenamiento de las muestras requirieron de una atención meticulosa y un cuidado extremo hasta su llegada al laboratorio ya que fué imperativo mantener las muestras a temperaturas inferiores a 6°C, evitando la exposición a la luz, ya que ambos factores pueden propiciar la proliferación de microorganismos dentro de los frascos, pues el crecimiento microbiano incontrolado puede comprometer la integridad de las muestras, invalidándolas y generando resultados que no reflejan la composición real

del material original. Por lo tanto, el cumplimiento riguroso de estas condiciones de almacenamiento fué esencial para obtener datos analíticos precisos y confiables.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables.

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Categoría y valores
Variable I.	La calidad del agua es	Parámetros	-Coliformes	Numérico
Aguas residuales.	“el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua y a ello se aporta y se toma en consideración las variaciones espaciales y temporales, siendo	microbiológicos	Totales. -Coliformes termotolerantes	Numérico
		Parámetros	- pH	Numérico
		físico químicos	- CE	Numérico
			- STD	Numérico
			- Dureza Total	Numérico
			- Alcalinidad	Numérico
			- Cloruros	Numérico
			- Sulfatos	Numérico
			- Nitratos	Numérico
			- Calcio	Numérico
			- Magnesio	Numérico
Variable D.	factores internos y			
Contaminación de la Bahía del Lago Titicaca	externos del cuerpo de agua (Campos, del 2000).	ECA del agua	Cumplimiento	Dicotómico

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD UROS CHULLUNI DEL DISTRITO DE PUNO - 2025.

Tabla 03: Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Parámetros	UNIDAD	PM1
Fisicoquímicos		
pH	Valor de pH	6.96
Conductividad eléctrica.	µmho / cm	4500
Sólidos disueltos totales.	mg/L	2250
Dureza total	mg Ca CO ₃ /L	2850
Alcalinidad	mg/L	643.22
Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl L ⁻¹	448.21
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ L ⁻¹	360
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L	28.88
Nitratos (NO ₃ ⁻³)	mg NO ₃ /L	1.5
Magnesio (Mg ⁺)	mg/L	670.327
Microbiológicos		

Coliformes totales	NMP/100 ml	180
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	68

Conforme a los resultados mostrados en la tabla 03, el análisis de la calidad del agua de la bahía del lago Titicaca, específicamente en el sector Uros Chulluni, evidencia importantes alteraciones en sus características fisicoquímicas y microbiológicas. El valor de pH registrado fue de 6.96, lo cual indica una condición ligeramente neutra, manteniéndose dentro de un rango que no representa acidez ni alcalinidad extremas. Este equilibrio sugiere una relativa estabilidad en la composición química del agua.

Por otro lado, la conductividad eléctrica alcanzó un valor de 4500 $\mu\text{mho/cm}$, lo que refleja una elevada concentración de iones disueltos en el agua, como sales, minerales y posiblemente compuestos provenientes de actividades humanas. Esta alta conductividad guarda relación directa con la mineralización del agua, indicando que el ecosistema acuático está sometido a una fuerte carga iónica, posiblemente atribuible al vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado.

El valor registrado de sólidos disueltos totales (TDS) en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 2250 mg/L. Este valor representa una alta carga de sustancias disueltas en el agua, principalmente de origen inorgánico (sales minerales como cloruros, sulfatos, bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio, potasio) y en menor medida de compuestos orgánicos solubles.

Asimismo, se observó una alcalinidad de 643.22 mg/L, reflejando una fuerte capacidad del agua para neutralizar ácidos. Esta característica implica que el cuerpo de agua tiene una elevada resistencia a los cambios bruscos de pH, lo cual podría deberse a la acumulación prolongada de compuestos alcalinos provenientes de vertimientos recurrentes. En cuanto a los cloruros, se obtuvo un valor de 448.21 mg/L, lo que evidencia una concentración elevada de sales, posiblemente originadas por residuos domésticos, detergentes o infiltración de aguas negras. De igual modo, los sulfatos

alcanzaron una concentración de 360 mg/L, lo que puede estar vinculado a procesos de oxidación de materia orgánica, el uso de detergentes o el arrastre de sedimentos contaminados.

El calcio, con un valor de 28.88 mg/L, se presenta en una concentración moderada y contribuye directamente a la dureza del agua. Por su parte, los nitratos alcanzaron 1.5 mg/L, una cantidad baja que sugiere un nivel moderado de aporte de nutrientes, posiblemente derivado de materia orgánica o descargas domiciliarias, sin que ello represente un proceso agudo de eutrofización. En contraste, el magnesio se encontró en una concentración de 670.33 mg/L, valor considerablemente elevado que influye de manera significativa en la dureza total y refleja un proceso de mineralización intensa del cuerpo de agua.

En lo que respecta a los parámetros microbiológicos, los coliformes totales se reportaron en 180 NMP/100 ml, lo cual indica una carga bacteriana activa en el agua, generalmente relacionada con la descomposición de materia orgánica. Además, los coliformes termotolerantes alcanzaron los 68 NMP/100 ml, evidenciando la presencia de contaminación fecal de origen humano o animal. Esta condición microbiológica sugiere el ingreso directo o indirecto de aguas residuales sin tratamiento al lago, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública y el equilibrio ecológico del ecosistema acuático. En conjunto, estos resultados demuestran que la bahía del lago Titicaca, en el sector Uros Chulluni, presenta una condición de alta mineralización, acompañada de signos de contaminación orgánica y microbiológica. Las características observadas indican un proceso sostenido de alteración de la calidad del agua, probablemente asociado al vertimiento constante de aguas residuales, lo que requiere atención inmediata desde el enfoque de la gestión ambiental y la conservación del ecosistema lacustre.

4.2. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD UROS CHULLUNI DEL DISTRITO DE PUNO - 2025, CON EL ECA PARA EL AGUA DEL D.S. N° 004-2017-MINAM.

De acuerdo a los parámetros establecidos en el ECA para el agua (Ver anexo 02), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, y la Especificación E1: Laguna y lagos, se presenta los siguientes comparaciones:

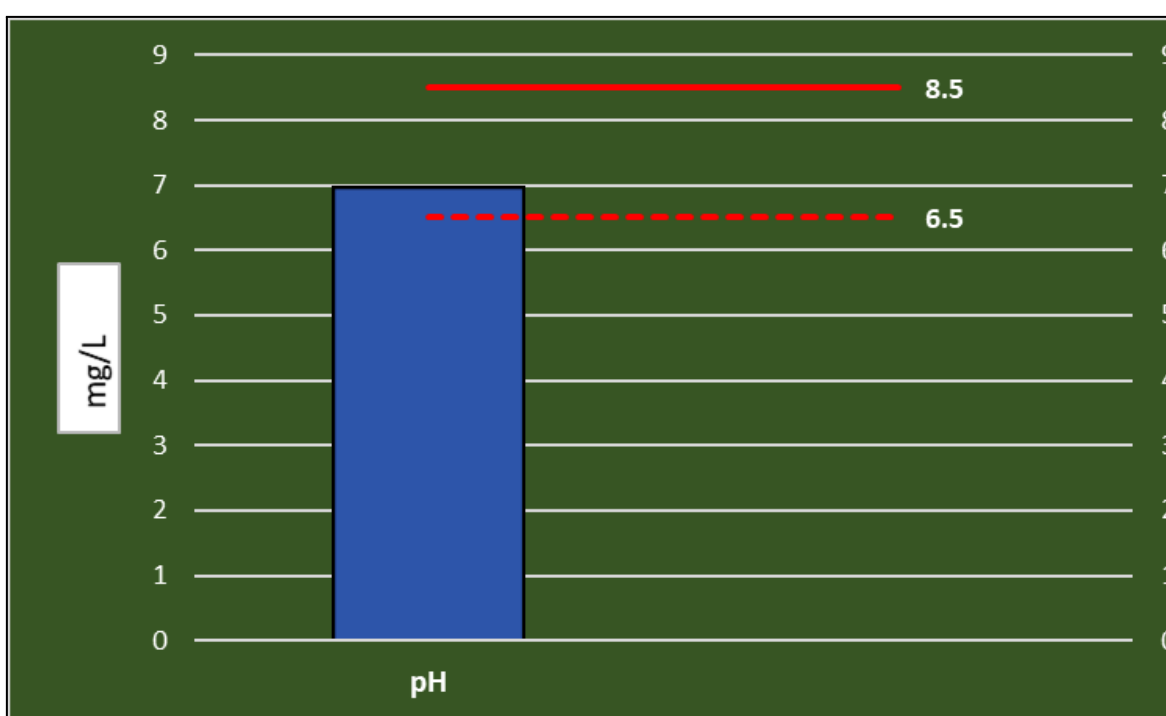


Figura 04: Comparación del parámetro pH.

De lo observado en la figura 04, el valor de pH registrado en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 6.96, mientras que el rango permitido por el ECA para cuerpos de agua en la categoría 4, especificación E1 (lagos y lagunas), es de 6.5 a 8.5 unidades. Este resultado indica que el pH se encuentra dentro del rango permitido, lo cual significa que el agua mantiene una condición ligeramente neutra, sin tendencia marcada hacia la acidez ni hacia la alcalinidad. Desde un punto de vista ecológico, este valor es favorable, ya que el pH es un parámetro fundamental para el equilibrio de los procesos bioquímicos en los ecosistemas acuáticos. La mayoría de los organismos

acuáticos pueden desarrollarse de manera óptima en ambientes con un pH entre 6.5 y 8.5, por lo que se infiere que, al menos respecto a este parámetro, no se generan condiciones adversas para la vida acuática.

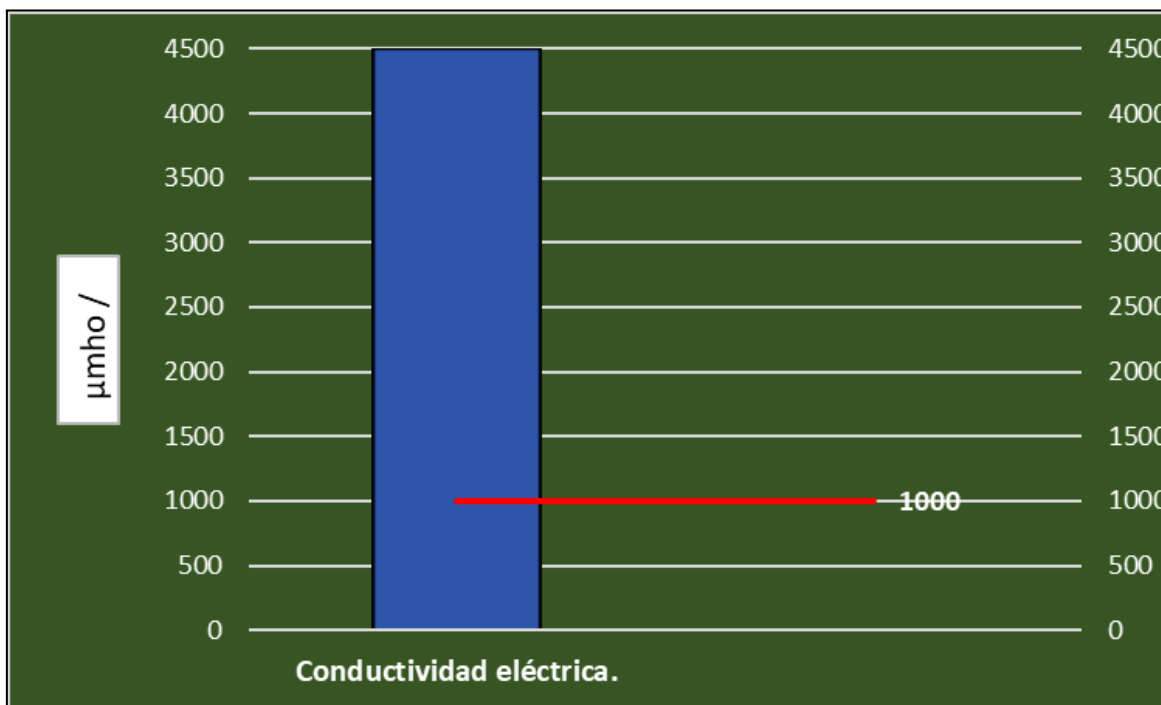


Figura 05: Comparación del parámetro conductividad eléctrica.

De acuerdo a la figura 05, el valor registrado de conductividad eléctrica en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 4500 µmho/cm, mientras que el valor de referencia establecido en el ECA – Categoría 4, Especificación E1, es de 100 µmho/cm. Este resultado indica una elevada concentración de sustancias disueltas en el agua, particularmente sales inorgánicas como cloruros, sulfatos, bicarbonatos, así como iones metálicos como sodio, calcio, magnesio y potasio. La conductividad eléctrica es un parámetro que no mide contaminantes específicos, pero actúa como un indicador indirecto del nivel de mineralización del agua y la presencia de contaminación química.

El valor de 4500 µmho/cm supera en 45 veces el límite establecido por la normativa nacional, lo que refleja una alteración significativa en la composición química del ecosistema acuático. Esta condición sugiere que el cuerpo de agua está recibiendo aportes constantes de cargas iónicas, posiblemente originadas por vertimientos de aguas residuales domésticas, lixiviados, detergentes o procesos de descomposición orgánica,

propios de zonas urbanas o turísticas que no cuentan con sistemas adecuados de tratamiento de efluentes. Una conductividad tan elevada puede tener múltiples implicancias ambientales. Por un lado, afecta la osmorregulación de los organismos acuáticos, dificultando la supervivencia de especies sensibles, alterando la biodiversidad y reduciendo la calidad del hábitat. Por otro lado, puede indicar una tendencia hacia procesos de salinización del agua, que compromete su uso para consumo humano, riego o actividades recreativas.

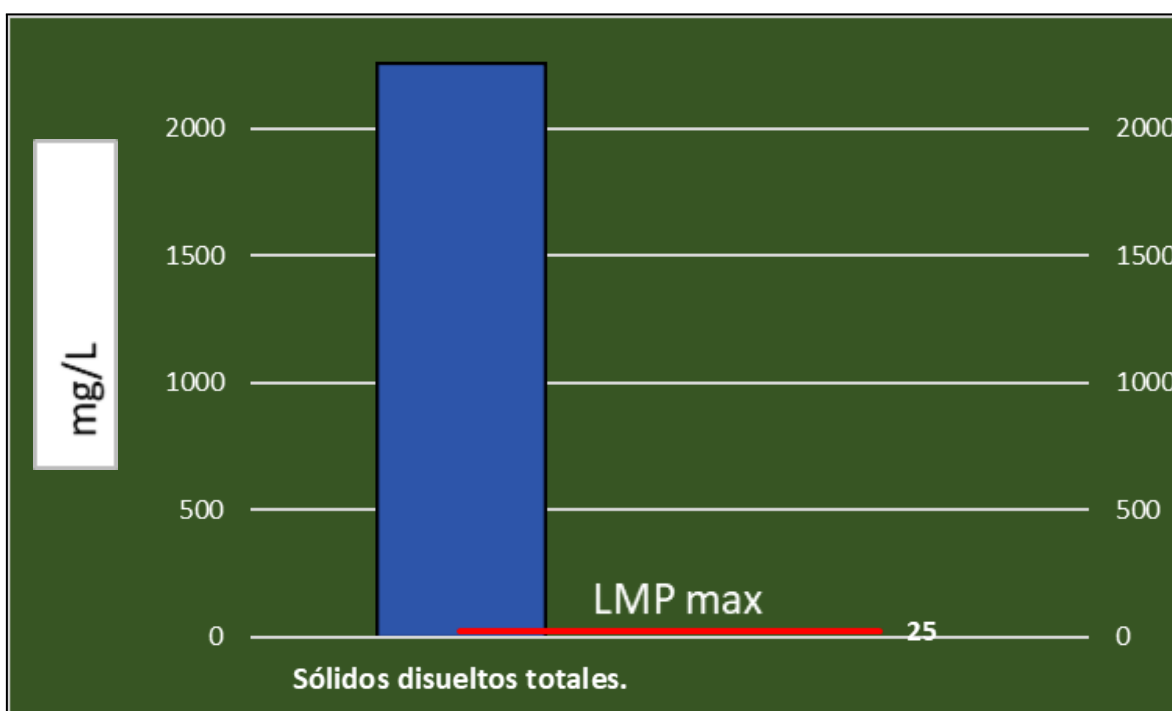


Figura 06: Comparación del parámetro sólidos disueltos totales.

De acuerdo a observado en la figura 06, el valor obtenido de sólidos disueltos totales en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 2250 mg/L, mientras que el límite establecido por el ECA para esta categoría es de 25 mg/L. Esto representa una excedencia de 90 veces el valor permitido, lo cual es sumamente significativo desde el punto de vista ambiental. Debido a que los sólidos disueltos totales representan la suma de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas en el agua, como minerales, sales, metales y algunos compuestos orgánicos solubles. Un valor elevado como el registrado sugiere una alta carga de contaminantes disueltos, lo cual puede estar relacionado con el vertimiento constante de aguas residuales domésticas, aguas grises,

residuos orgánicos en descomposición, lixiviados, detergentes, y otras fuentes de contaminación antropogénica. Ésta presencia excesiva de TDS está afectando directamente a los organismos acuáticos, ya que altera la presión osmótica del medio, interfiriendo en los procesos fisiológicos de especies sensibles, dificultando la respiración, la reproducción y la supervivencia de peces, algas, macroinvertebrados y otros organismos. Asimismo, un nivel tan elevado de sales disueltas puede modificar la estructura trófica del ecosistema acuático, reduciendo su biodiversidad y favoreciendo especies más resistentes, muchas veces oportunistas y no deseables.

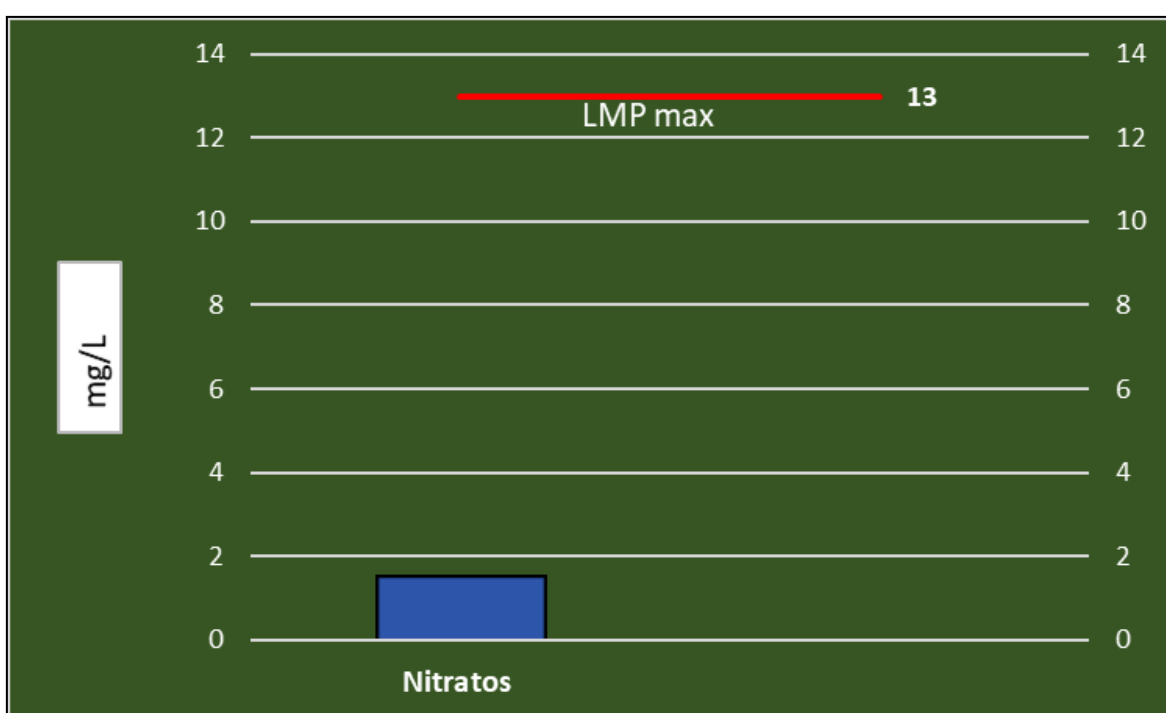


Figura 07: Comparación del parámetro nitratos.

De acuerdo a la figura 07, el valor registrado de nitratos en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 1.5 mg/L, mientras que el valor máximo permitido por el ECA para esta categoría es de 13 mg/L. Este resultado indica que la concentración de nitratos se encuentra dentro del rango permitido por la normativa ambiental vigente. Los nitratos son compuestos nitrogenados solubles que pueden ingresar a los cuerpos de agua a través del vertimiento de aguas residuales domésticas, escorrentías agrícolas con fertilizantes, excretas humanas o animales, y la descomposición de materia orgánica.

El valor de 1.5 mg/L refleja una carga moderada de nutrientes en el agua. Aunque no representa una condición crítica, su presencia evidencia que existe cierto aporte de compuestos nitrogenados, posiblemente vinculado a descargas residuales o procesos naturales de transformación del nitrógeno en el ecosistema. Este nivel no genera, por sí solo, condiciones para procesos intensos de eutrofización; sin embargo, si se encuentra acompañado por niveles altos de fósforo, materia orgánica o temperaturas elevadas, puede contribuir al crecimiento de algas y cianobacterias a mediano plazo.

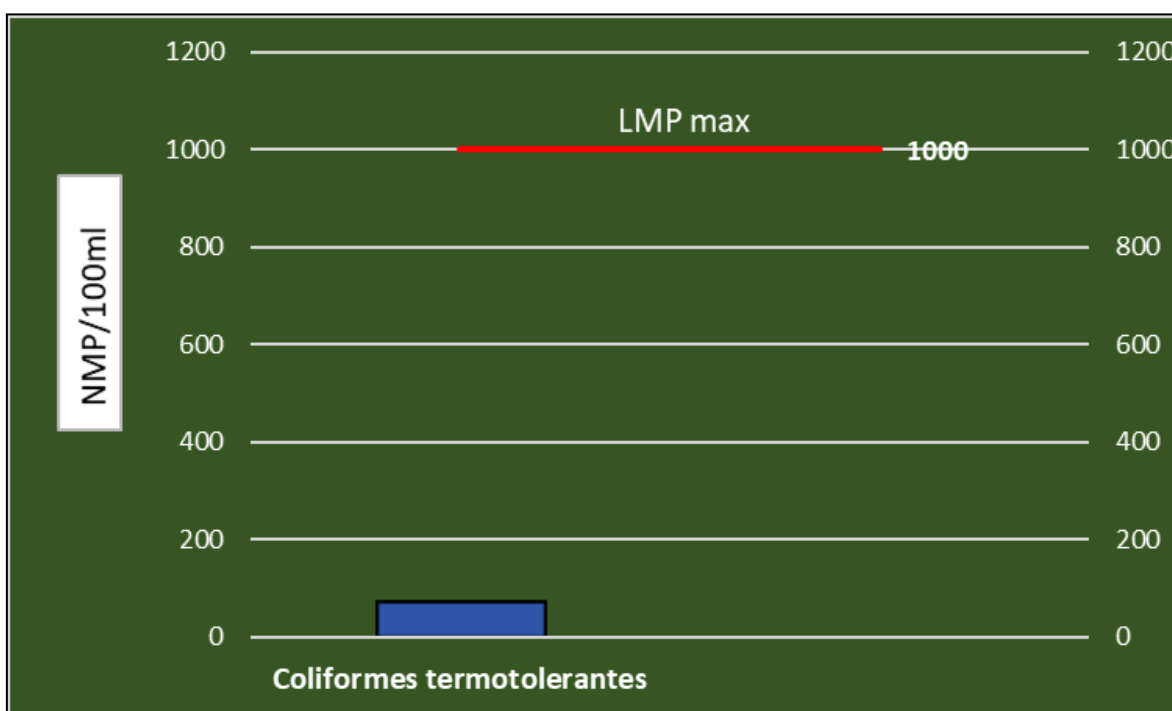


Figura 08: Comparación del parámetro coliformes termotolerantes.

De lo observado en la figura 08, El valor obtenido para coliformes termotolerantes en el agua de la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, fue de 68 NMP/100 ml, mientras que el valor máximo permitido por el ECA para esta categoría es de 1000 NMP/100 ml. Este resultado indica que la muestra analizada cumple con los límites establecidos por la normativa ambiental, ya que la cantidad de coliformes termotolerantes detectada se encuentra muy por debajo del valor máximo permisible. Los coliformes termotolerantes, también conocidos como coliformes fecales, son indicadores microbiológicos clave para evaluar la presencia de contaminación de origen fecal (humano o animal) en cuerpos de

agua. Su presencia sugiere que existe algún grado de ingreso de aguas residuales o desechos orgánicos al sistema acuático.

Aunque el valor registrado no representa una situación crítica desde el punto de vista normativo, la detección de coliformes termotolerantes no debe ser subestimada, ya que confirma la existencia de una fuente de contaminación biológica. En zonas cercanas a comunidades como Uros Chulluni, donde existe actividad turística, doméstica y generación de aguas grises, la presencia de estos microorganismos puede deberse a vertimientos directos o filtraciones de aguas residuales sin tratamiento adecuado.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, en nuestra investigación se observa una elevada conductividad eléctrica en la muestra analizada ($4500 \mu\text{S}/\text{cm}$), la cual supera ampliamente el valor límite de $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ del ECA Categoría 4 (MINAM, 2017)., éste resultado contradice directamente los hallazgos de Aguilar y Solano (2019) en el Caño Grande, Colombia, quienes reportaron una conductividad de apenas $232 \mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica un ambiente con menor carga de sales disueltas. La gran diferencia podría atribuirse a las características propias del ecosistema lacustre del Titicaca, el mayor tiempo de residencia del agua y especialmente, a la acumulación crónica de contaminantes no tratados provenientes de zonas urbanas cercanas.

Una contradicción similar se presenta con el estudio de Cusiche y Miranda (2019) en el lago Junín, donde la conductividad alcanzó $455 \mu\text{S}/\text{cm}$, valor que, aunque elevado, es diez veces menor al encontrado en el presente estudio. Esto pone en evidencia el mayor grado de contaminación en el sector Uros Chulluni, probablemente por una gestión deficiente de aguas residuales domésticas e institucionales en el área urbana de Puno.

Por otro lado, el nivel de dureza total ($2850 \text{mg}/\text{L}$) también supera considerablemente los valores esperados. Cusiche y Miranda (2019) reportaron una dureza de $144 \text{mg}/\text{L}$, lo que demuestra una clara discrepancia y sugiere un proceso de mineralización excesiva en la bahía de Puno. Esta diferencia podría explicarse por un mayor contenido de calcio y magnesio en el agua debido a vertimientos y acumulación de sedimentos contaminados.

El análisis de cloruros (448.21 mg/L) y sulfatos (360 mg/L) también arroja valores muy por encima de los límites establecidos por el ECA (250 mg/L), y superiores a los reportados por Cusiche y Miranda (2019) en el lago Junín, quienes encontraron sólo 13.01 mg/L de cloruros y 99 mg/L de sulfatos. Esta diferencia no solo refuerza la severidad de la contaminación en Uros Chulluni, sino que también señala la posible influencia de actividades urbanas más densas y sin control adecuado de vertimientos.

En contraste, algunos parámetros como el pH (6.96) y nitratos (1.5 mg/L) se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa ambiental. Sin embargo, estudios como el de Lima (2020) en el río Sicra, reportaron un pH de 8.5 y niveles de nitratos de 0.209 mg/L después del vertimiento, evidenciando un entorno menos ácido y menor presencia de nutrientes disueltos, posiblemente por una dilución más efectiva del contaminante en ese ecosistema fluvial.

Respecto a los parámetros microbiológicos, los resultados de coliformes totales (180 NMP/100 ml) y coliformes termotolerantes (68 NMP/100 ml), si bien son alarmantes y exceden el límite del ECA (10 NMP/100 ml), se encuentran muy por debajo de los niveles críticos detectados en estudios nacionales. Por ejemplo, Rodríguez (2022) reportó hasta 25 000 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes en el río Chuyapi, y Lima (2020) identificó 49 000 NMP/100 ml en el río Sicra. Esta diferencia puede deberse a una menor densidad poblacional en las cercanías inmediatas de Uros Chulluni o a una mayor dilución del agua en el lago, en comparación con ríos más estrechos y de mayor flujo continuo de vertimientos.

Desde un enfoque internacional, la investigación de Zúniga et al. (2021) en el río Grande (México) mostró que los niveles de coliformes fecales superaban los límites normativos en todas las estaciones del año, al igual que en la presente investigación. Sin embargo, en el caso del lago Titicaca, el nivel, aunque alto, no se mantiene en una magnitud tan crítica, lo cual podría indicar una menor intensidad de vertimiento o un mayor efecto de dilución estacional.

Finalmente, la investigación local de Laqui (2019) resalta el impacto del uso urbano del suelo sobre la calidad del agua en la cuenca del lago Titicaca. Este hallazgo se ve reflejado en los datos de esta investigación, ya que la cercanía de Uros Chulluni a la ciudad de Puno parece influir directamente en la presencia de contaminantes inorgánicos y microbiológicos en la zona.

Para el caso del cumplimiento del ECA (Estándar de Calidad Ambiental) para el agua, en comparación con nuestros antecedentes, se ha verificado que todos los antecedentes tampoco cumplen con el ECA, por ende no hay contradicciones a resaltar.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO GENERAL

Enunciado de la Hipótesis:

H_0 : Los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, no es alto.

H_1 : Los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, es alto.

Evidencias de verificación

- Tabla 03. Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Figura 05. Comparación del parámetro conductividad eléctrica.
- Figura 06. Comparación del parámetro sólidos disueltos totales.

Interpretación

De acuerdo a los resultados de la tabla 03, figura 05 y 06, la verificación de existencia de incumplimiento de los parámetros conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, donde se aprecia un alta concentración de éstos parámetros se rechaza la H_0 y se **acepta**

la H_1

4.4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

Enunciado de la Hipótesis:

H_0 : La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros

Ch(iulluni del distrito de Puno - 2025, no son elevados.

H₁: La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, son elevados.

Evidencias de verificación

- Tabla 03. Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Interpretación

De acuerdo a los resultados de la tabla 03 donde se aprecia la elevada concentración de 02 parámetros fisicoquímicos, donde se aprecia un alta concentraciones que se rechaza la H₀ y se **acepta la H₁**

4.4.3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

Enunciado de la Hipótesis:

H₀ : Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, cumplen con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

H₁ : Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, no cumplen con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

Evidencias de verificación

- Figura 05. Comparación del parámetro conductividad eléctrica.
- Figura 06. Comparación del parámetro sólidos disueltos totales.

Interpretación

De acuerdo a los resultados de la figura 05 y 06, la verificación de existencia de incumplimiento de los parámetros conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, donde se aprecia el incumplimiento de éstos parámetros con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que se rechaza la H₀ y se **acepta la H₁**

CONCLUSIONES

PRIMERA: La evaluación del nivel de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni, presenta una alteración significativa en sus características fisicoquímicas, especialmente por la alta mineralización del agua evidenciada en los valores elevados de sólidos disueltos totales (2250 mg/L), dureza total (2850 mg CaCO₃/L), alcalinidad (643.22 mg/L), y conductividad eléctrica (4500 µmho/cm). Estos indicadores reflejan una carga considerable de contaminantes disueltos, atribuibles al ingreso de aguas residuales y residuos urbanos, lo que afecta negativamente el equilibrio ambiental del sector.

SEGUNDA: La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, han mostrado que, si bien algunos parámetros como el pH (6.96) y los nitratos (1.5 mg/L) mantienen niveles compatibles con condiciones neutras y moderadas de nutrientes, otros parámetros como cloruros (448.21 mg/L), sulfatos (360 mg/L), calcio (28.88 mg/L) y magnesio (670.33 mg/L) muestran valores elevados, confirmando la presencia de compuestos disueltos en concentración considerable. En el aspecto microbiológico, los coliformes termotolerantes (68 NMP/100 ml) y coliformes totales (180 NMP/100 ml) están presentes en niveles bajos.

TERCERA: Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, especificación E1 (lagunas y lagos), establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se concluye que los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica exceden los límites permisibles, lo que evidencia un incumplimiento normativo y una afectación sustancial de la calidad del agua. Sin embargo, los parámetros microbiológicos y el pH se mantienen

dentro de los rangos establecidos, lo cual representa una condición parcialmente favorable desde el punto de vista sanitario y ecológico.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Provincial de Puno, se recomienda implementar un sistema de monitoreo permanente de los parámetros fisicoquímicos en la bahía del lago Titicaca, sector Uros Chulluni, a fin de identificar las fuentes específicas de contaminación por aguas residuales y diseñar planes de mitigación adecuados. Además, se sugiere fortalecer el control sobre los vertimientos domésticos y turísticos mediante la instalación o mejora de sistemas de tratamiento de aguas residuales, con énfasis en zonas flotantes y ribereñas.

SEGUNDA: A la Dirección Regional de Salud (DIRESA) se recomienda desarrollar campañas de vigilancia sanitaria ambiental enfocadas en la calidad del agua en los sectores habitados de la bahía, especialmente durante temporadas turísticas o de lluvias. Asimismo, es necesario educar a la población y a operadores turísticos sobre el impacto del vertimiento de residuos y aguas grises, promoviendo buenas prácticas ambientales y el uso de sistemas portátiles de tratamiento primario o biodigestores.

TERCERA: Al Ministerio del Ambiente (MINAM), ANA y OEFA, se recomienda que las entidades competentes refuercen la fiscalización ambiental en los sectores del lago donde los parámetros fisicoquímicos exceden los límites del ECA. Esto debe ir acompañado de planes de recuperación ambiental y remediación progresiva, priorizando acciones en zonas críticas como Uros Chulluni. Además, se sugiere incluir este sector dentro de un programa piloto de gestión integrada de cuerpos de agua con enfoque ecosistémico, articulado con gobiernos locales y comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Martínez, S., & Solano Pardo, G. (2019). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-Meta*. Universidad Santo Tomás.
- Arellano Díaz, J., & Guzmán Pantoja, J. E. (2011). *Ingeniería Ambiental*. Alfaomega.
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis-Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: Caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), Article 1.
- Blancas, C., & Hervás, E. (2001). *Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud*. Egondi Artes Gráficas S.A.
- Campos, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. La editorial Universal.
- Encinas, M. (2011). *Medio ambiente y contaminación*.
- EPA. (2016). *Términos Ambientales*. Environmental Protection Agency. <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos>
- FAO. (2019). *AQUASTAT -FAO's Global Information System on Water and Agriculture*. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html?submitBtn=1&termId=7412&lang=en>
- García Ticllacuri, R. (2018). *Aguas Residuales y Residuos Sólidos Urbanos Y Su Incidencia en la Contaminación del Río Ichu de la Localidad de Huancavelica*. [Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/4ea99a57-22c8-4c7d-bc89-f382d1aa5d63>
- GEOHIDRO. (2019). *Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos ANA SNIRH*. <http://geo.ana.gob.pe/geohidro/>
- Hassan, N. (2015). *Water Quality Evaluation Of The Shadegan And Hawr Alazim Wetlands From Iran*. https://www.researchgate.net/publication/293719468_WATER_QUALITY_EVALUATION_OF_THE_SHADEGAN_AND_HAWR_ALAZIM_WETLANDS_FROM_IRAN
- Laqui Vilca, Y. A. (2019). Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la

- calidad de agua en la cuenca del Lago Titicaca. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3070424>
- Lima Huacho, L. M. (2020). Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8449>
- Sáez Huamán, W., Palomino Pastrana, P. A., Dávila Victoria, H. M., & Tito Córdova, L. A. (2022). Aguas residuales en la calidad de agua del río. *GnosisWisdom*, 2(3), 30-36. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i3.43>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluacion y diagnóstico*. Editores de la U.
- Tarapa Poma, W. (2023). Calidad ambiental del agua en la bahía interior de Puno—Lago Titicaca 2021. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/523>
- UNESCO. (2017). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: El recurso no explotado*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Zúñiga-Ruiz, P., Solano-Aguileta, J. A., Amaro-Espejo, I. A., Salcedo-Garduño, M. G., & Velázquez, C. R. (2021). Evaluación de la contaminación en 2 temporadas (lluvias y nortes) por fuentes puntuales y difusas sobre Río Grande, Veracruz. *RINDERESU*, 5(2), Article 2. <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/108>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia.

NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DEL LAGO TITICACA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD UROS CHULLUNI, PUNO - 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS		HIPÓTESIS		VARIABLES	DIMENSIONES INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTOS TODE DATOS
	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cuál es el nivel de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025?	Evaluar los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025		Los niveles de contaminación de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad de Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, es alto.		VARIABLE INDEPENDIENTE: Aguas residuales	Parámetros microbiológicos -Escherichia Coli -Coliformes Totales	Estándar de Calidad Ambiental para el Agua. Cadena de Custodia	Estadística Descriptiva. Cuadros de Comparación de Valores.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE: Contaminación de la Bahía del Lago Titicaca.	Parámetros físico químicos - pH - CE - Temperatura - STD - OD - Nitratos - Sulfatos - Cloruros - Carbonatos - Dureza Total			
¿Cómo son los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025?	Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025.		La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, son elevados.		VARIABLE DEPENDIENTE: ECA para el agua -Cumplimiento			
¿Cumplirán los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, con el ECA para el agua?	Comparar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, con el ECA para el agua del D.S. N° 004-2017-MINAM .		Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la bahía del lago Titicaca por vertimiento de aguas residuales en la comunidad Uros Chulluni del distrito de Puno - 2025, no cumplen con el ECA para el agua.					

Anexo 02: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N°
004-2017-MINAM (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático)

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Anexo 03: Análisis de laboratorio.



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR INACAL.
RUC: 20612800741

INFORME DE ENSAYO 055/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : BAHIA DEL LAGO TITICACA – UROS CHULLUNI.
INTERESADO : YULIAN IRANO RAMOS FLORES.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO.
FECHA DE MUESTREO : 25/04/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 25/04/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Turbio.
Color : Gris.
Olor : Fétido.

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	METODOLOGÍA
pH		6.96	Electrométrico
C.E	mS/cm	4.50	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.5	Termómetro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Solidos Disueltos Totales	g/l	2.25	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	2850	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	643.22	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	448.21	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	360.00	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	1.50	método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	28.88	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	670.327	Titulación con EDTA

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	180.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	68.00

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



Benito Fernández Galloapaza
RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pέργola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185

Anexo 04: Galería fotográfica.



Figura 09: Vista panorámica de la zona de estudio.



Figura 10: Aproximación al lugar del punto de muestreo.



Figura 11: Preparando los materiales para el muestreo físico químico.



Figura 12: Tomando la muestra para el análisis fisicoquímico



Figura 13: Rotulando la muestra para el análisis fisicoquímico.



Figura 14: Preparando los materiales para el muestreo bacteriológico.



Figura 15: Tomando la muestra para el análisis bacteriológico



Figura 16: Tomando la muestra para el análisis bacteriológico



Figura 17: Almacenando la muestra para el análisis microbiológico.



Figura 18: Almacenando las 02 muestras para el análisis.